ファジィ推論を用いた転換率推計モデルについての比較研究

京都大学工学部　正　員　佐佐木　綱
京都大学工学部　正　員　秋山　孝正
京都大学工学部　学生員○中村　恭子

1　はじめに

ファジィ推論は、いくつかのファジィ命題から演繹的に別のファジィ命題を導くことを基本としており、ファジィ制御、エキスパートシステム、意志決定などの分野で大きな役割を果たしている。人間が行っている推論はこの種の方法であることから大いに関心がもたれている。本研究では高速道路交通需要推計における転換率をファジィ推論により記述し、その方法論的側面から検討を行う。

2　モデルの基本構造

ここでは、都市高速道路の経路選択を記述するために構築されたファジィ推論モデルを「基本モデル」として用いた。このモデルは、ファジィ制御分野の標準的手法を取り入れたもので、説明変数に、①時間差、②単位距離料金、③ＯＤ距離を用いている。①、②は都市高速道路転換率式（経路選択の関数的表現）を行う際にも多く用いられる変数であり、③のＯＤ距離は「短トリップの場合には高速道路利用は考慮せず一般道路を利用する」という経路固定層に相当する選択現象をを考慮するためのものである。

メンバシップ関数として、「時間差」には、５段階の三角型関数を、「単位距離料金」には、調査結果として得られた「大」「中」「小」の３関数を用いる。また「ＯＤ距離」のメンバシップ関数は、交通利用者が経路を「短距離である」と判断する場合を規定するものとする。さらに「転換率」のメンバシップ関数は、５個の標準関数で表現する。

また、推論ルールは表１のように構成し、演算方法としてはMamdani法を用いる。

ここで、推計に用いるデータは、阪神高速道路の交通需要推計を行う場合の転換率推計を考えたものであり、昭和６０年度のＯＤ調査から１００個をモデル構築のために無作意抽出したものである。

表１　推論ルール

R－1：IF	L IS PS.			THEN Y IS PVS
R－2：IF	X_1 IS PVS.			THEN Y IS PVS
R－3：IF	X_1 IS PS	and	X_2 IS PS.	THEN Y IS PM
R－4：IF	X_1 IS PS	and	X_2 IS PM.	THEN Y IS PS
R－5：IF	X_1 IS PS	and	X_2 IS PB.	THEN Y IS PS
R－6：IF	X_1 IS PM.			THEN Y IS PM
R－7：IF	X_1 IS PB	and	X_2 IS PS.	THEN Y IS PB
R－8：IF	X_1 IS PB	and	X_2 IS PM.	THEN Y IS PB
R－9：IF	X_1 IS PB	and	X_2 IS PB.	THEN Y IS PM
R－10：IF	X_1 IS PVB.			THEN Y IS PVB

注）L；ＯＤ距離，X_1；時間差，X_2：単位距離料金
Y；転換率
PVS;大変小さい，PS;小さい，PM;中くらい
PB;大きい，PVB;大変大きい

3　ファジィ推論モデルの比較分析

上記モデルを用いて、「非ファジィ化」手法に関する検討を行う。「非ファジィ化」とは、推論結果である出力ファジィ数を、実数軸上の確定値として算出するためのステップである。

本研究では、従来よりよく用いられてきた①重心法の他に、②中央値法、③高さ法、④面積法を用いて比較検討を行う。これらの計算方法は、

規則１　A_1 and B_1 →C_1

……

規則n　A_n and B_n →C_n

事　実　A' and B'

$$\overline{\qquad\qquad\qquad\qquad} \quad C'$$

のファジィ推論形式の場合、以下の通りである。

①重心法　推論結果のファジィ集合C' の重心を代表点ｚとする。

②中央値法　推論結果のファジィ集合C' の面積を２等分する点ｚを代表点とする。

③高さ法　C_iの代表点z_iをファジィ集合C_i'の高さh_i' 荷重平均を取る。すなわち、

$$z=\frac{z_1 \cdot h_1'+z_2 \cdot h_2'+\cdots+z_n \cdot h_n'}{h_1'+h_2'+\cdots+h_n'}$$

Tsuna SASAKI, Takamasa AKIYAMA, Kyoko NAKAMURA

④面積法　　C_iの代表点z_iをファジィ集合C_i'の面積S_i'で荷重平均を取る。すなわち、

$$z=\frac{z_1\cdot S_1'+z_2\cdot S_2'+\cdots+z_n\cdot S_n'}{S_1'+S_2'+\cdots+S_n'}$$

ファジィ推論モデル構築では、経験的に設定されるメンバシップ関数の形状の変化と推計精度の関係が重要である。したがって、ここではファジィ推論の「推計精度」に関しても併せて検討を行う。つまり「非ファジィ化」手法ごとにメンバシップ関数形状の変化による推計精度を算出し、これらを比較分析することにより「非ファジィ化」の方法論的検討とモデルの適合性について考察する。

また、新たな演算方法として注目される「代数積－加算法」についても同様の検討を行う。

4　比較分析結果

「時間差」および「転換率」のメンバシップ関数の幅を、それぞれ11段階に変化させ、11×11の組合せのすべてについて、推計値と実測値との相関係数及び平均二乗誤差を算出する。それぞれの「非ファジィ化」手法ごとの計算結果を整理したものが表２である。また「転換率」のメンバシップ関数の幅による推計精度の変化は非常に小さいので「時間差」による変化のみをグラフに表したものが図１である。

5　おわりに

分析結果より、交通経路選択モデルとしてのファジィ推論の利用に関連する知見を整理する。

①メンバシップ関数の形状変化にともなう推計精度の変化は大局的にみた場合にはさほど大きくない。これは、ファジィ推論モデル構築の際に極度に厳密なメンバシップ関数設定の必要性が少ないことを示すものである。（換言すれば、本来どおり経験的に設定して推計上大きな問題は生じないということ。）

②「非ファジィ化」は推論出力ファジィ集合から確定値を決定するための重要なプロセスである。従来の重心法を面積法などに変更することで推計精度を向上させることが可能である。また各方法は含意公式との組合せによって、相互に関連しており、推計精度面より推論構造から利用形式を決定することが妥当である。

③Mamdani法は、つねに最高の精度を与えるものではないが、他形式のモデルへ拡張するための「基本モデル」として有効である。またファジィ推論の方法論的改良として報告されている「代数積－加算」による方法は、推計精度およびモデル頑健性の面からも推奨される方法であるといえる。

表２　　平均二乗誤差の比較
(Mamdani法を基準とした場合)

	基本モデル	最小値	最大値
重心法	16.533 [1]	16.523 [4] (7.5 ,16.25)	19.061 [4] (11.25,10.00)
中央値法	16.791 [4]	16.440 [3] (9.75, 6.25)	16.958 [2] (6.75, 7.50)
高さ法	16.672 [3]	16.421 [2] (9.00)	16.928 [1] (6.75)
面積法	16.600 [2]	16.404 [1] (8.25,10.00)	16.959 [3] (6.75, 7.50)

[ ]内の数字は、順位
(β,ω)は、メンバシップ関数の幅

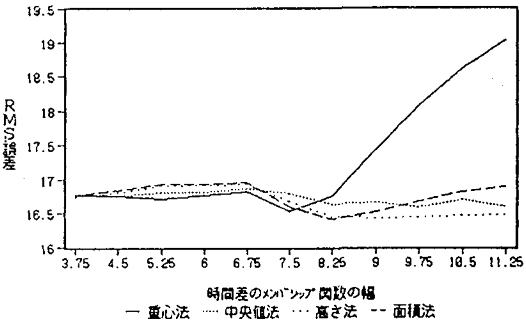

図１　　時間差の関数の幅によるRMS誤差の変化
(Mamdani法を基準とした場合)

なお、演算の実行等で御協力いただいた京都大学大学院邵春福氏に、感謝の意を表す次第である。

［参考文献］

1）秋山孝正・邵春福・佐佐木綱：ファジィ理論を用いた転換率推計モデルについての比較研究，土木計画学研究・論文集，No.8, pp.185-192,1990.

2）水本：わかりやすいファジィ理論Ⅲ－ファジィ推論とファジィ制御，コンピュートロール，No.28, pp.32-45, 1989.